Г. М. Єргієв, к.т.н.

СИНТЕЗ АКТИВНИХ RC-ФІЛЬТРІВ З П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНИМИ РЕЗОНАТОРАМИ

У статті розглянута процедура синтезу фільтрів з п'єзоелектричними резонаторами, при якому реалізацію складних фільтрів передбачається здійснювати на базі каскадно-розв'язаного включення типових ланок фільтрів фіксованого порядку з деякого базового набору. Апроксимація, тобто конструювання передавальної функції фільтра проводиться методами оптимізації з урахуванням вимог усіх умов, як фізичної, так і схемної реалізації. Наведено приклад рішення задачі апроксимації для обраного типу ланки фільтру з різними вимогами до АЧХ.

***Ключові слова**: активні фільтри з п'єзоелектричними резонаторами, апроксимація АЧХ методами оптимізації, базовий набір схем фільтрів, САПР.*

G. Ergiev, PhD

SYNTHESIS OF ACTIVE FILTER WITH PIEZOELECTRIC RESONATORS

The article describes the procedure for the synthesis filter with piezoelectric resonators, in which the realization of complex filters to be carried out on the basis of cascade-unleashed the inclusion of standard units of fixed order from a base set. Approximation, i.e. the construction of the filter transfer function is optimization techniques to meet the requirements of all conditions, both physical and circuit implementation. An example of solving the problem of approximation for the type of link with the various requirements of the filter response.

***Keywords:** active filters with piezoelectric resonators, approximation of the frequency response optimization methods, a basic set of units, CAD system.*

УДК 621.574.9

В. І. Мілованов д.т.н., **С. Г. Корнієвич**

Одеська державна академія харчових технологій, м. Одеса

ОБГРУНТУВАННЯ АКТУАЛЬНОСТІ ІЗОБУТАНУ, ЯК ХОЛОДИЛЬНОГО АГЕНТУ

Головною метою дослідження є розгляд питань,що стосуються екологічної та економічної частини застосування різних холодильних агентів. Особлива увага звернена на теплофізичні, вибухонебезпечні, енергетичні та екологічні показники натуральних холодоагентів. Методика дослідження полягає у порівняльному аналізі основних холодоагентів (R12, R134a та R600a).

***Ключові слова:** ізобутан, Ozone Depletion Potential (ODP), Global Worming Potential (GWP), холодопродуктивність, пожежонебезпечність, енергетична ефективність, хлорфторвуглець (ХФВ), гідрохлорфторвуглець (ГХФВ)*

Вступ

Відомо, що штучне охолодження здійснюється за допомогою фазових перетворень робочих речовин, так званих холодоагентів, на яких працюють спеціальні агрегати – холодильні машини. Холодильні машини мають різне призначення та конструкцію, у той час як холодоагенти істотно впливають на неї. Та для експлуатації вони потребують екологічно чистих та безпечних речовини, які не завжди відповідають високим вимогам з холодо- та енергопродуктивності.

В останні часи, збільшився попит на малу холодильну техніку, насамперед, на побутові холодильники й морозильники, побутові й автомобільні кондиціонери. На світовому ринку з'явилося багато конкуруючих моделей зазначених виробів від різних виробників. Одним з основних показників їхньої конкурентоздатності є мінімізація енергоспоживання при роботі. Можливості виконання цієї вимоги споживчого ринку конструкторськими рішеннями в наш час обмежені. Тому один з основних шляхів рішення проблеми зниження енергоспоживання малої холодильної техніки – вибір холодоагентів з найкращими теплофізичними й термодинамічними властивостями. Однак наприкінці минулого сторіччя загострилася ще одна проблема – проблема екології. Ця проблема набула всесвітнього характеру, коли були прийняті Монреальский (у вересні 1987 р.) та Кіотський (у грудні 1997 р.) протоколи. Тому в останні роки увага фахівців і виробників малої холодильної техніки звернена на

природні вуглеводні, які, як холодоагенти, близькі за термодинамічними властивостями до фреону R12, але, на відміну від нього, мають нульовий потенціал руйнування озонового шару стратосфери й дуже незначний потенціал глобального потепління. До числа таких речовин, наприклад, належить холодоагент R600a – ізобутан. Головне обмеження в його застосуванні – вибухопожежонебезпечність, що може бути усунута конструкторськими рішеннями холодильної машини та компресору на основі сучасних досягнень науки й техніки [1].

Для практичного вживання альтернативних холодоагентів велике значення мають детальні термодинамічні і теплофізичні дані про ці речовини, термічні властивості холодоагентів, поверхневе натягнення і критичні параметри, які необхідно знати для виконання розрахунків термодинамічних функцій і оцінки ефективності використання альтернативних робочих тіл в новому поколінні холодильного устаткування. Вирішення цих завдань реалізується на основі виміряних P-V-T даних рівнянь стану альтернативних холодоагентів, за допомогою яких проводиться розрахунок та порівняння термічних і калоричних властивостей.

Сьогодні ведуться дослідження, учені намагаються синтезувати нові, максимально безпечні екологічно, якісніші по своїм властивостям холодоагенти. За оцінками фахівців, за останні шість років на синтез нових холодоагентів було витрачено понад 3 мільярди доларів.

Екологічні проблеми

Проблема озонного шару вже пішла на другий план, оскільки не йде ні в яке порівняння з парниковою проблемою і навіть приходить з нею в суперечність. Вже 100 років, як люди навчилися створювати штучний холод, використовуючи його в різних областях своєї діяльності. Але посправжньому масово холодильні та кліматичні установки почали застосовуватися з 30-х років минулого століття. І пов'язане це було, в першу чергу, з початком промислового виробництва холодоагентів, що відносяться до групи хлорфторвуглеців (ХФВ): R12, Rll, R113, R114. Встановлено, що за попередні сто років середньорічна температура на земній кулі підвищилася на 0,6 градуса (дані IPCC – міжурядового комітету із зміни клімату). Пов'язане це також із використанням ХФУ у промислових масштабах. Наслідок цього – танення полярних льодів і інші явища. Ісландія вже втратила 250 км^3 льоду. Проведений прогноз цього процесу за чотирма можливими сценаріями розвитку цивілізації. Отримані загрозливі результати: зростання середньої температури до 2050 р. може скласти 1,8…2,6 градусів, до 2100 р. – 3,0…6,0 градусів (відповідно за оптимістичним і песимістичним сценаріями). Основний «внесок» (75…85 %) в цей процес вносить діоксид вуглецю (CO_2), що переважно утворюється в результаті спалювання палива. Інші 15…25 % складають (приблизно з рівним сумарним впливом) інші парникові гази (зокрема фреони). Можна чекати високий ступінь тиску на промисловість, коли ці результати будуть усвідомлені міжнародним співтовариством. У зв'язку з цим, в холодильній техніці домінуватимуть природні холодоагенти: аміак, вуглеводні, діоксид вуглецю, вода, повітря. Буде потрібно забезпечувати новий підхід до вимог безпеки їх застосування з урахуванням сучасних технічних досягнень. Посилюються вимоги до енергетичної ефективності холодильних машин, оскільки перевитрата енергії – це додаткова емісія діоксиду вуглецю в атмосферу. Парокомпресійним машинам, проте, можна прогнозувати значне довголіття. Проте і вони можуть істотно змінитися. Перспективним вважається створення холодильних машин без циркуляції масла в системі. Зняття проблем підбору видів масла, сумісних з холодоагентом, організації безперешкодної циркуляції масла в контурі холодильної машини, впливу домішок масла в холодоагенті на інтенсивність теплопередачі в апаратах та ін. важко переоцінити. За допомогою відцентрових компресорів і деяких типів компресорів ротативного типу вже сьогодні цілком реально забезпечити «сухе стиснення» і достатню довговічність машин.

Вміст озону в атмосфері складає всього 0,001%, але він поглинає 99% шкідливого озонового випромінювання, тому навіть незначне зменшення вмісту озону в атмосфері може мати істотні негативні наслідки. Так, найпоширеніший раніше фреон R12 має потенціал ODP рівний 1, R22 – 0,05, а найбільш шкідливими є фреони R10, R110, в яких озоноруйнуючий потенціал досягає 13. До моменту відкриття згубного впливу ХФУ на атмосферу Землі виробництво холодоагентів мало вже значні обсяги: у 1976 р. випуск R12 досяг 340 тис. т, а в 1986 р., що передував року підписання Монреальського протоколу про заборону озоноруйнуючих речовин, сумарне виробництво фреонів склало більше 1,1 млн. т. Пріоритет ХФВ був порушений Монреальським протоколом 1987 року [2].

Також, з часом було введено параметр GWP (Global Warming Potential) – це величина, чисельно визначаюча радіаційний (тепловий) вплив молекул певного парникового газу на атмосферу відносно молекули CO_2. Ця величина була введена коли вчені зробили нове відкриття, у якому було розкрито ще одну екологічну проблему – парникові гази. Ефект від викиду речовин в атмосферу оцінюється за певний проміжок часу.

У якості еталонного газу узятий діоксид вуглецю (CO_2), чий GWP дорівнює 1. Характеристики холодоагентів за величиною параметру GWP наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Показники GWP різних холодоагентів

Холодоагент	GWP (за 100 років)
R 12	8100
R115	7370
R502	4656
R 11	4600
R125	2800
R410a	1890
R142b	1800
R22	1500
R134a	1300
R152a	140
R600a	3~4

Метою цього дослідження є вивчення та обґрунтування використання ізобутану як холодильного агенту у малих холодильних машинах та порівняння його з іншими холодоагентами з метою вибору кращого з них за основними показниками**.**

Тенденція використання холодоагентів з плином часу та їх порівняння

З самого початку відкриття холодильних агентів та холоду в цілому, для використання у малих холодильних машинах було запропоновано спочатку R12, R22 та згодом R134a, а зараз широко розповсюджений – R600a. Так як R22 зазвичай використовується у кондиціонерах, то ми будемо порівнювати більш досконаліші основні холодоагенти,а саме: R12, R22, R134a та R600a [3]. Основні показники цих чотирьох фреонів наведені у таблиці 2.

Таблиця 2 – Показники холодоагентів R12, R134a, R22 та R600a

Назва холодоагенту	**R12**	**R134a**	**R22**	**R600a**
Відносна молекулярна маса [g/mol]	120.913	102.03	86,5	58,12
Температура плавлення, [°C]	-155.95	-103.3	-146	-159,6
Температура кипіння, [°C]	-29.74	-26,5	-40,8	-11,7
Критична температура, [°C]	112.0	101,5	96	135
Критичний тиск, [МПа]	4.119	4,06	4,98	3,65
Критична щільність, [кг/м]	579.1	1.3	1,221	0,221

Фреон R12

Фреон R12 відноситься до групи хлорфторвуглеців. Безбарвний інертний газ практично без запаху. Був одним з найбільш поширених в експлуатації холодоагентів. Вибухобезпечний, при t>330°C розкладається з утворенням хлориду водню, фтористого водню і слідів отруйного газу – фосгену. Характеризується текучістю, що сприяє проникненню його через найдрібніші нещільності у холодильному контурі. У той же час завдяки підвищеній текучості, R12, холодильні масла проникають в усі деталі, що труться, знижуючи їх знос. При об’ємній частці в повітрі більше 30% настає задуха через нестачу кисню. Розчиняється в мастилі, слабо розчиняється у воді. Застосовують в одноступінчастих холодильних машинах з температурою конденсації не більше 75°C і температурою кипіння не нижче – 30°C, в побутових холодильниках та торгівельному обладнанні.

Фреон R134a

Фреон R134a безбарвний газ, є одним з перших фреонів, який був синтезований без використання хлору. Безпечний, нетоксичний та не являється самозаймистим при будь-яких значеннях температури. Найчастіше даним фреоном заправляють автомобільні кондиціонери, холодильне обладнання торгівельного та побутового призначення. Хімічна назва фреону R134a – тетрафторетан. Фреон 134a (хімічна формула: CF_3CFH_2) широко використовують у всьому світі в якості основної заміни R12 для холодильного обладнання, що працює в середньому температурному діапазоні.

Фреон R22

Фреон R22 – інертний, негорючий, не є вибухонебезпечним газом. За ступенем впливу на організм, відноситься до речовин 4-го класу небезпеки. При нормальних умовах Фреон R22 є стабільною речовиною, яка під дією температур вище 400°C може розкладатися з утворенням високотоксичних продуктів: тетрафторетилену (4-й клас небезпеки), хлористого водню (2-й клас небезпеки), фтористого водню (1-й клас небезпеки). При нагріванні фреону понад 250°C утворюються отруйні продукти-фосген (COCl2).

Фреон R600a

Фреон R600a (Ізобутан) структурний ізомер бутану, вуглеводень. Потенціал руйнування озону: ODP=0, потенціал глобального потепління: GWP=3~4. Ізобутан природний газ, продукт нафтопереробки, практично будь-який нафтопереро-

бний завод може випускати ізобутан в значних кількостях. Застосовується в побутовій холодильній техніці та кімнатних кондиціонерах. Ізобутан горючий, легкозаймистий і вибухонебезпечний, але тільки при взаємодії з повітрям при об'ємній частці 1,3 – 8,5%. Нижня межа вибухонебезпечності (1,3%) відповідає 31 г R 600a на 1 м^3 повітря; верхня межа (8,5%) – 205 г R600a на 1 м^3 повітря. Точка спалаху – 460°С. Приблизний діапазон залежності маси ізобутану відносно обсягу повітря у приміщенні, яка може викликати самоспалах агенту, приведені на рис. 1. (де 1 – верхня межа спалаху, а 2 – нижня межа спалаху).

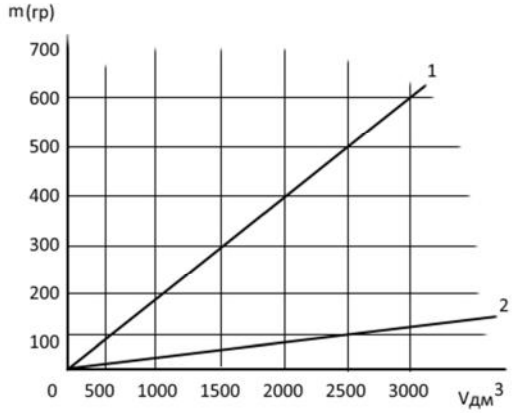

Рисунок 1 – Діапазон концентрації самоспалаху R600a у залежності від його маси m (гр.) на об'єм приміщення v (дм^3)

Ізобутан добре розчинний в мінеральному мастилі. Сумісність ізобутану з мінеральним мастилом і конструкційними матеріалами холодильних парокомпресійних машин дозволяє максимально спростити процес переходу з R12 на ізобутан. Ізобутан нейтральний до матеріалів холодильного агрегату і компресора, тобто не вступає з ними в реакцію і не утворює важких вуглеводнів, які можуть вивести систему холодильної машини з ладу, що забезпечує її надійну тривалу експлуатацію [4].

Ізобутан забезпечує більш високий, ніж у R12, холодильний коефіцієнт холодильної машини, що зменшує енергоспоживання. Холодильні агрегати на R600a працюють при більш низькому тиску в робочому контурі, що забезпечує менший рівень шуму та сприяє довговічності установок.

Аналіз параметрів і характеристик розрахункових теоретичних циклів холодильних машин працюючих на синтетичних фреонах R12 та R134a і природному холодоагенті R600a

Для більш повної оцінки ефективності використання фреонів R12, R134a і R600a у температурних межах циклів, характерних для побутової холодильної техніки, проведемо порівняльний аналіз їх параметрів і характеристик.

В порівнянні фреонами R12 і R134a, R600a має значні екологічні переваги [5]. Цей природний газ не руйнує озоновий шар і майже не сприяє появі парникового ефекту. Маса агенту, циркулюючого в холодильній системі, при використанні ізобутану значно зменшується (приблизно на 30%). Питома маса ізобутану в 2 рази більше питомої маси повітря – газоподібний R600a стелиться по землі. Ізобутан добре розчиняється в мінеральному маслі, забезпечує вищий, ніж R12, холодильний коефіцієнт.

Розглянемо основні характеристики R12, R134a та R600a, що наведені у таблиці 3.

Таблиця 3 – Основні характеристики фреонів R12, R134a та R600a

Холодоагент	R600a	R134a	R12
Назва	Ізобутан	Тетрафторэтан	Дихлор-дифторметан
Хімічна формула	(CH3)3CH	CF3-CH2F	CF2C12
Молекулярна вага(кг/моль)	58,1	102	120
Щільність у парообразному стані при температурі (-25)~(+32)°С (кг/м^3)	1,3	4,4	6
Щільність у рідкому стані при температурі (-25)°С (кг/дм^3)	0,6	1,37	1,47
Нормальна температура кипіння (°С)	-11,6	-26,5	-29,8
Критична температура (°С)	135	101	112
Тиск при температурі (-25)°С (мПа)	0,058	0,107	0,124
Тиск при температурі (+20)°С (мПа)	0,3	0,57	0,57
Ентальпія перетворення при температурі (-25)°С (кДЖ/кг)	376	216	163
Питома продуктивність при температурі (-25)°С (кДЖ/кг)	373	658	727

Тиск насичених парів холодоагенту при робочих температурах визначає необхідний запас міцності корпусних деталей компресору. Залежності тисків і температур насичених парів холодоагентів представлені на рис. 2.

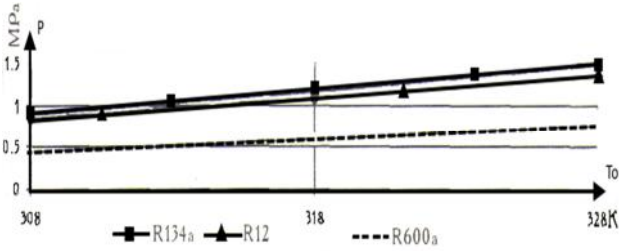

Рисунок 2 – Залежності тиску Р від температури конденсації Tk R134a, R12 та R600a

Різниці тисків і ступінь стиснення є важливими факторами, що визначають навантаження

на механізм руху поршневого компресора і обмежують температурні діапазони застосування конкретних холодоагентів. Залежності різниць тисків і ступенів стиснення від температури кипіння представлені на рис. 3 та рис. 4 відповідно.

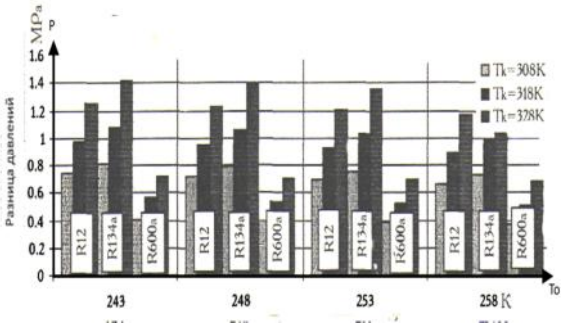

Рисунок 3 – Залежності різниці тисків від температури кипіння T0 для різних холодоагентів та температур конденсацій Tk

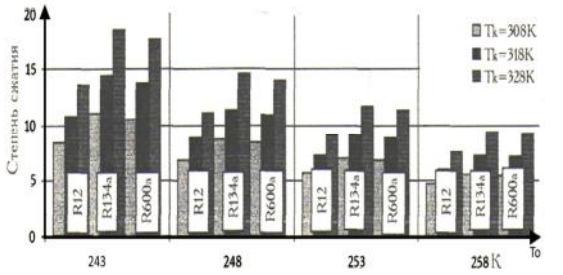

Рисунок 4 – Залежності ступеня стиснення компресору від температури кипіння T0 для різних холодоагентів та температур конденсацій Tk

З рис. 3 – 4 видно, що холодоагент R134a дає трохи гірші значення різниць тисків і ступенів стиснення у порівнянні з R12 і R600a.

Холодопродуктивність.

Холодопродуктивність означає кількість холоду, виробленого компресором на різних холодоагентах.

Залежності питомої холодопродуктивності для циклу з регенерацією тепла представлені на рис. 5

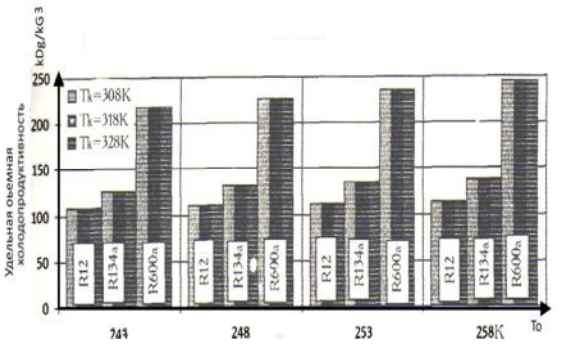

Рисунок 5 – Залежності питомої холодопродуктивності від температури кипіння T0 для різних холодоагентів та температур конденсацій Tk

Дані, приведені на рис. 5 свідчать, що холодоагент R600a володіє найбільшим значенням питомої холодопродуктивності.

Важливим фактором, що впливає на конструктивні розміри циліндра поршневого компресора, є питома об'ємна холодопродуктивність холодоагенту. Значення питомої об'ємної холодопродуктивності для R12, R134a та R600a наведені на рис. 6.

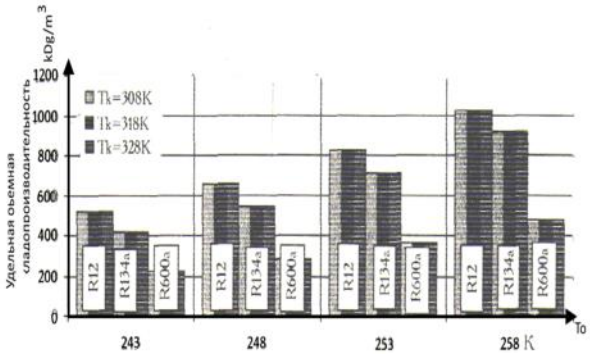

Рисунок 6 – Залежності питомої об'ємної холодопродуктивності від температури кипіння T0 для різних холодоагентів та температур конденсацій Tk

Дані, приведені на рис. 6, свідчать про те, що для отримання однієї і тієї ж розрахункової холодопродуктивності компресору, що використовують холодоагенти R134a та R600a, повинні володіти більшими, в порівнянні з R12, описаними об'ємами циліндру.

Холодильний коефіцієнт

Холодильний коефіцієнт характеризує термодинамічну ефективність холодильного циклу.

Відомо, що для холодильної машини найвище значення холодильного коефіцієнту має цикл Карно.

Холодильний коефіцієнт циклу Карно не залежить від типу використовуваного холодоагенту, а визначається тільки температурними рівнями джерел підводу та відводу тепла. Для обраних розрахункових температурних меж значення холодильного коефіцієнта циклу Карно наведені на рис. 7.

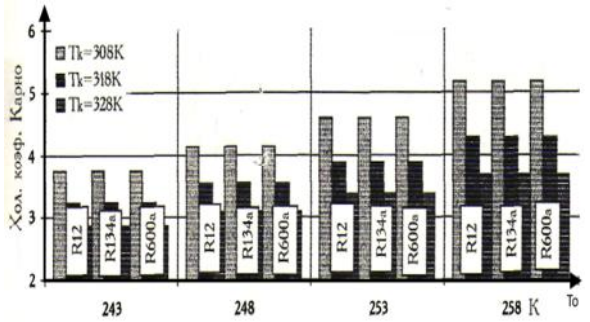

Рисунок 7 – Залежності холодильного коефіцієнту циклу Карно від температури кипіння

На рис. 8 – 9 наведені розрахункові значення холодильних коефіцієнтів.

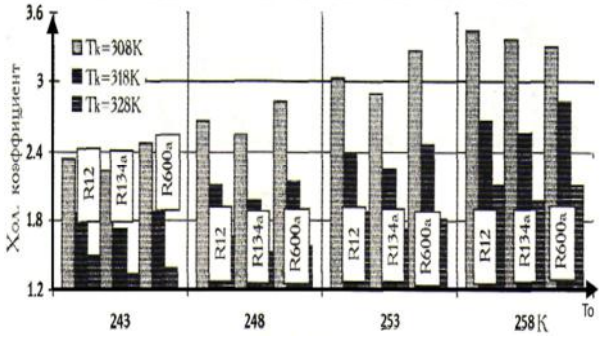

Рисунок 8 – Залежності холодильного коефіцієнту циклу холодильної машини з всмоктуванням сухого пару від температури кипіння T0 для різних холодоагентів та температур конденсацій Tk

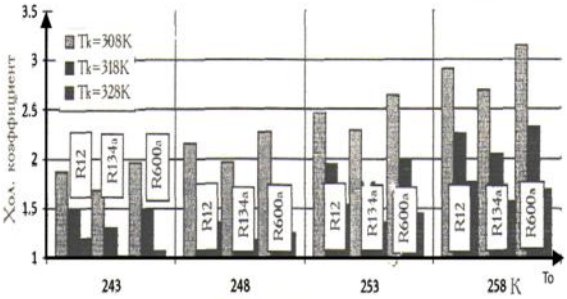

Рисунок 9 – Залежності холодильного коефіцієнту циклу холодильної машини з всмоктуванням перегрітого пару від температури кипіння T0 для різних холодоагентів та температур конденсацій Tk.

Аналіз даних рис. 8 – 9 показує, що у всьому діапазоні температурних меж реалізації циклів, значення холодильного коефіцієнта для фреонів R12 перевищують значення холодильних коефіцієнтів для холодоагентів R134a і R600a. Для всіх холодоагентів значення холодильних коефіцієнтів в циклі холодильної машини з всмоктуванням перегрітого пару падають також через зростання незворотних втрат у процесі стиснення.

Висновки.

На протязі останніх років всі основні компоненти для створення малих холодильних машин, працюючих на R600a, освоєні у виробництві підприємствами. Компресори для таких систем доступні в серійних версіях у більшості типів і конструктивних виконань.

R600a може вважатися альтернативним холодоагентом у більшості галузей холодильної техніки завдяки своїм термодинамічним і екологічним властивостям. У різних галузях холодильної техніки R600a показує високу енергетичну ефективність у порівнянні з іншими альтернативами.

У середньому робочий тиск в системах на R600a вище, ніж при багатьох інших альтернативах. Проте, це не приводить до значного збільшення ступеню стиснення, в той же час зменшуються прохідні перетини елементів системи. Таким чином, можуть використовуватися трубки меншого діаметру й теплообмінні апарати менших розмірів. Це приводить до зменшення маси системи, її обсягу, а також до зменшення витрат на обладнання.

Широке використання ізобутану в холодильній техніці обмежується його підвищеною вибухо- та пожежонебезпечністю. Для уникнення можливих аварій та нещасних випадків при роботі, конструюванні та виробництві машин та компресорів, які працюють на ізобутані, слід забезпечувати наступні заходи безпеки:

- оскільки ізобутан легкозаймистий холодоагент, треба виключити можливі джерела відкритого вогню та іскор;
- також треба обмежити вміст ізобутану в одному виробі холодильної техніки (не більше 400 грам у робочому обсягу малої холодильної машини);
- при витоку ізобутану з системи збільшується ймовірність вибуху, тому розміри приміщення спеціально розраховують під можливість витоку і розсіювання усього холодоагенту в приміщенні;
- необхідне забезпечення герметичності компресорів та трубопроводів;
- необхідне обмеження доступу персоналу, який не пройшов підготовку з робіт пов’язаних з ізобутаном;
- необхідне забезпечення приміщень устаткуванням, необхідним для пожежогасіння у разі виникнення надзвичайної ситуації.

Список використаних джерел

1. Бараненко А. В. Холодильные машин / А. В. Бараненко, Н. Н. Бухарин, В. М. Пекарев, И. А. Сакун, Л. С. Тимофеевский. – Л.: Техника, 1996. – 324 с.

2. Osterman G. B., Salawitch R. J., Sen B. A., Toon G. C., Stachnik R. A., Pickett H. M., Margitan J. J., Blavier J. F., Peterson D. B. Measurements of Stratospheric Radicals and their Precursors Implications for the Production and Loss of Ozone // Geophys. Res. Lett, 1997. – No. 4 – P. 58 – 72.

3. Клименко В. В. Изменение в мировом производстве хлорфтороуглеродов: влияние на атмосферу и климат / В. В. Клименко, А. Т. Терешин // Холодильная техника, 2000. – № 3 – С. 24 – 32.

4. Мілованов В. І. Компресори об'ємного стиснення / В. І. Мілованов, Н. І. Водяницька, В. Д. Мельников. – Одеса: Зовнішрекламсервіс, 2015. – 330 с.

5. Douglass A.R., Newman P. A., Solomon S. The Antarctic ozone hole: An update // Physics Today, 2014. – No 2. – P. 25 – 34.

Надійшла до редакції 15.11.2016

Рецензент: д.т.н., проф. Дорошенко О.В Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

В. И. Милованов, д.т.н., **С. Г. Корниевич**

ОБОСНОВАНИЕ АКТУАЛЬНОСТИ ИЗОБУТАНА В КАЧЕСТВЕ ХОЛОДИЛЬНОГО АГЕНТА

Главной целью исследования является рассмотрение вопросов, касающихся экологической и экономической части применения различных холодильных агентов. Особенное внимание уделяется теплофизическим, взрывоопасным, энергетическим и экологическим показателям натуральных хладагентов. Методика исследования заключается в сравнительном анализе основных хладагентов (R12, R134a и R600a).

Ключевые слова: *изобутан, Ozone Depletion Potential (ODP), Global Worming Potential (GWP), холодопроизводительность, пожароопасность, энергетическая эффективность, хлорфторуглероды (ХФУ), гидрохлорфторвуглероды (ГХФУ).*

V. I. Milovanov, DSc, **S. G. Kornievich**

RATIONALE REVELANCE OF ISOBUTANE AS A COOLING AGENT

The main objective of the study is to examine the issues related to ecological and economical rates of different refrigerants. Particular attention is payed to physico-thermal, eneregy, economical and explosive-abilities of natural refrigerants. Comparative analysis is the method of research that we choose to analyze main refrigerants (R12, R134a and R600a).

Keywords: *isobutane, Ozone Depletion Potential (ODP), Global Worming Potential (GWP), cooling power, explosive ability, energy efficiency, Chloroftorocarbons (CFCs), Gidrochlorftorcarbons (HCFCs).*

УДК 621.317.08

В. П. Квасніков, д.т.н., **А. В. Рудик,** к.т.н.

Національний авіаційний університет, м. Київ

ВРАХУВАННЯ РОБОЧИХ УМОВ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РУХУ ОБ'ЄКТІВ В МАТЕМАТИЧНІЙ МОДЕЛІ ФОРМУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТУ ВИМІРЮВАННЯ

Проаналізовано основні величини, якими характеризуються робочі умови вимірювання параметрів руху об'єктів, та з'ясовано їх номінальні значення. Запропоновано математичну модель впливу робочих умов (середовища) на коефіцієнт чутливості засобу вимірювання. Проаналізовано відхилення коефіцієнта чутливості засобу вимірювання від номінального значення залежно від групи факторів та кількості членів розкладу функції в ряд Тейлора.

Ключові слова: *робочі умови вимірювання, засіб вимірювання, коефіцієнт чутливості.*

Вступ

Об'єкти вимірювань, середовище та засоби вимірювань є матеріальними об'єктами і деяким чином взаємозв'язані між собою. Тому їх математичні моделі мають відображати зв'язки між ними. Однак величини, які характеризують об'єкт вимірювання та середовище, в загальному випадку не є сталими, що має відображатися в їх математичних моделях.

Процес вимірювання завжди реалізується в конкретних умовах (середовищі), тому результат вимірювання залежить від робочих умов вимірювання. В робочих умовах вимірювання наявні різні детерміновані та стохастичні збурення, які накладаються на вимірювану величину та результат вимірювання і впливають на засіб вимірю-